

ナノワイヤ誘起シリコンフォトニック結晶ナノ共振器を使った全光スイッチ

All-optical switching using a nanowire integrated into photonic crystal

日本電信電話株式会社 NTT ナノフォトニクスセンタ¹, NTT 物性研²°滝口雅人^{1,2}, 横尾篤^{1,2}, 館野功太^{1,2}, 野崎謙悟^{1,2}, 佐々木智²,S. Sergent^{1,2}, 倉持栄一^{1,2}, 章国強^{1,2}, 新家昭彦^{1,2}, 納富雅也^{1,2}Nanophotonics Center¹, NTT Basic Research Labs.², NTT Corporation°M. Takiguchi^{1,2}, A. Yokoo^{1,2}, K. Tateno^{1,2}, K. Nozaki^{1,2}, S. Sasaki²,S. Sergent^{1,2}, E. Kuramochi^{1,2}, G. Zhang^{1,2}, A. Shinya^{1,2}, and M. Notomi^{1,2}E-mail: takiguchi.masato@lab.ntt.co.jp, masato.takiguchi.mg@hco.ntt.co.jp

ナノサイズの光スイッチはチップ内光コンピュータを実現するために重要な素子である。これまで様々な光スイッチがフォトニック結晶ナノ共振器を用いて実現されてきたが、多くは同種材料（化合物半導体[1] かシリコン[2]）で構築されている。本研究では、シリコン光チップの一部に化合物半導体ナノワイヤを集積したハイブリッド構造[3]を用いて、全光スイッチを作製した。ナノワイヤは、その径が 100 nm 程度と波長に比べてサイズと小さく、室温では非発光再結合が大きいので、高速にキャリアを結合できる。またバンドフィリング効果も期待できるため、共振器設計（導波路との結合 Q やナノワイヤの吸収 Q）次第で低エネルギー・高速なスイッチングが期待できる。

図 1 (a)は本構造を示す概念図である。フォトニック結晶は、格子定数が 387.5 nm、スラブ厚が 200 nm で、W1 導波路中にナノワイヤ導入用のトレンチ構造（幅 150 nm、深さ 100 nm）を有す。InP ナノワイヤは 1.3 μm 帯に吸収ピークを持つ 100 層の InAsP/InP 量子井戸層が埋め込まれており、その径は 100-150 nm 程度である。このナノワイヤを、入出力導波路付き Si フォトニック結晶のチップに、インクジェットで転写し、原子間力顕微鏡でフォトニック結晶中のトレンチ内に配置した。図 1(b)は透過スペクトルで、共振器波長は 1357.7 nm、Q 値は 25000 程度であった。本素子は、量子井戸のバンド吸収から、数十 nm 離れているために、これまでのナノワイヤ誘起フォトニック結晶共振器としては、高 Q 値共振器が得られている。次に、スイッチング動作を調べた。素子の直上からポンプ光（パルス幅 30 ps）を照射した状態で、入出力導波路からプローブ光（CW 光）を入力し、その透過信号を超伝導単一光子検出器で測定した。図 1(c)は、波長に対してプローブ光の波長を離調させた時の透過信号の時間応答である。ポンプ光によるキャリアプラズマ効果で共振波長が短波にシフトするため、プローブ光を短波に離調したときは透過信号が強くなり、長波にしたときは透過光が減少する。このように、明瞭なスイッチング動作を確認することができた。離調が -0.15 nm の時はピークが二つ観測できる。これは共振器が短波へシフトした際と長波側へ戻る過程で、動的に 2 度プローブ光が共振器を横切っていることを示している。本素子の観測された最小スイッチ時間は 160 ps であり、高速なスイッチ動作を確認ができた。さらに、離調やポンプ光強度の調整により、この速度の改善を行う。本発表では、シリコン共振器との比較なども併せて行う。本研究は JSPS 科研費 15H05735 の助成を受けたものである。

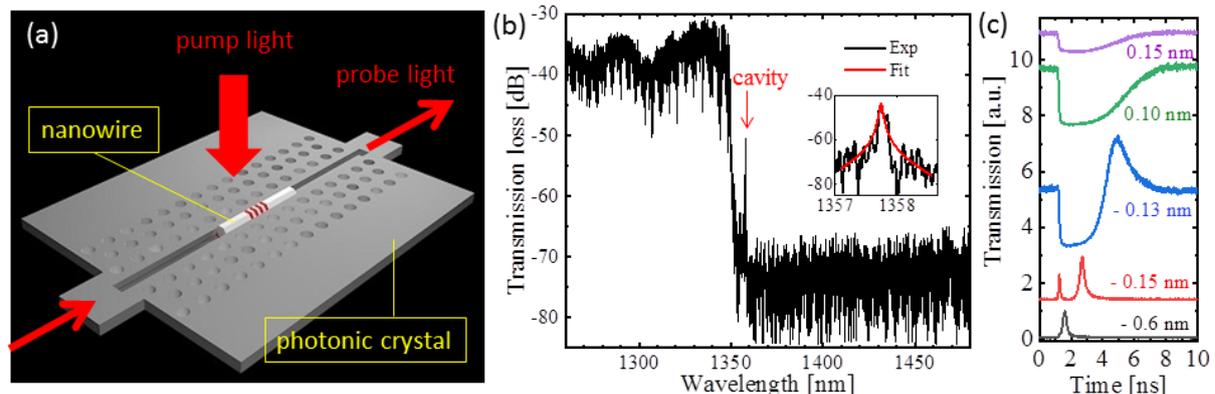
[1] K. Nozaki, *et al*, Nat. Photonics, **2**, 046106 (2010)[2] T. Tanabe, *et al*, Appl. Phys. Lett., **87**, 151112 (2005)[3] M. Takiguchi, *et al*, APL photonics, **2**, 046106 (2017)

図 1. (a)導波路付きフォトニック結晶中ナノワイヤの概念図 (b) 透過スペクトル (c) スwitching特性